

SEP 15 2004

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Christof ERBAN

GAU: 1753

SERIAL NO: 10/642,278

EXAMINER: DIAMOND

FILED: August 18, 2003

FOR: METHOD FOR MANAGING A PHOTOVOLTAIC SOLAR MODULE AND A PHOTOVOLTAIC SOLAR MODULE

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Germany	101 07 600.2	February 17, 2001

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Richard L. Treanor
Registration No. 36,379

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 05/03)

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

101 07 600.2

Anmeldetag:

17. Februar 2001

Anmelder/Inhaber:

Saint-Gobain Glass Deutschland GmbH,
52066 Aachen/DE

Bezeichnung:

Verfahren zum Betreiben eines photovoltaischen
Solarmoduls und photovoltaischer Solarmodul

IPC:

H 02 N, G 01 J

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. September 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

BEST AVAILABLE COPY

Stark

Saint-Gobain Glass
Deutschland GmbH
Aachen

ded
16.02.2001

5

Verfahren zum Betreiben eines photovoltaischen Solarmoduls
und
photovoltaischer Solarmodul

Die Erfindung bezieht sich auf Verfahren zum Betreiben eines photovoltaischen Solarmoduls in Abhängigkeit vom Lichteinfall und auf einen photovoltaischen Solarmodul mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 4.

- 10 Beim Betrieb photovoltaischer Anlagen mit Solarmodulen größerer Abmessungen treten mit dem im Tagesverlauf wechselnden Sonnenstand immer wieder partielle Abschattungen der mit Solarzellen bestückten Flächen auf, welche z. B. durch benachbarte Bauten, Antennen, Bäume etc. verursacht werden. Selbst bei geringer Schattenfläche können solche vorübergehenden Abschattungen zu merklichen Leistungseinbußen des aus mehreren gleichen Modulen aufgebauten Gesamtsystems führen. Einerseits ist der Lichteintrag im verschatteten Bereich unmittelbar verringert, so dass der betroffene Modul weniger elektrische Leistung erzeugt. Zum anderen sind die Solarzellen eines Moduls in aller Regel elektrisch in Reihe geschaltet. Fällt nun der (vom Lichteinfall abhängig variable) Strom in dem verschatteten Modul(-teil) ab, so begrenzt er gleichzeitig auch den Strom der an sich nicht verschatteten Nachbarzellen desselben Moduls. Darüber hinaus wird auch der Stromfluß von weiteren, in Reihe geschalteten Modulen begrenzt.

- 20 Um diese unvermeidlichen Störwirkungen zu begrenzen, untergliedert man jeden Solarmodul bzw. jedes Gesamtsystem in eine Vielzahl von Teilsystemen („Strings“). Deren jedes verfügt über einen eigenen Wechselrichter („String-Wechselrichter“). Aus Standardisierungsgründen haben diese Wechselrichter eine Mindestleistung von etwa 700 Watt. Das entspricht der von einer etwa 7 bis 8 m² großen photovoltaischen Anordnung erzeugten Leistung.

- 30 In einer solchen Anordnung wird mit moderner elektronischer Ausstattung und mehreren in Reihe geschalteten Modulen eine photovoltaische Spannung von bis zu ca. 500 - 600 Volt erzeugt und verarbeitet, wobei eine einzelne Solarzelle eine Betriebsspannung von etwa 0,5 Volt hat. Folglich kann ein solcher String etwa 1000 bis 1200 Einzel-Solarzellen umfassen. Eine starke lokale Abschattung einiger weniger Solarzellen (1 bis 5 % der Gesamtfläche) kann dann eine Leistungseinbuße von 75 % des Gesamtsystems bewirken.

Es ist generell bekannt, über sogenannte Bypass-Dioden einen Stromfluß an verschatteten oder beschädigten Solarzellen vorbei zu gestatten, damit deren Ausfall sich nicht so stark auf das Gesamtsystem auswirken kann. Die Bypass-Diode lässt einen Kurzschluß-Stromfluß dann zu, wenn der Innenwiderstand der Solarzelle den Spannungsabfall an der Diode übersteigt.

Bekannt ist aus EP-B1-0 896 737 eine photovoltaische Solaranordnung mit einer integrieren Abschaltvorrichtung, welche die elektrische Leistung des Moduls neutralisiert, wenn sie von einer externen Schalteinrichtung aktiviert wird. Diese Vorrichtung soll allerdings nicht die negativen Folgen von partiellen Verschattungen begrenzen, sondern den betreffenden Solarmodul funktionsunfähig machen, wenn er z. B. unbefugt ausgebaut wurde. Manipulationen an dieser Abschaltvorrichtung sind nur nach Zerstören des Gesamtmoduls möglich.

Es sind Solarelemente bekannt (DE-A1-42 08 469), deren Solarzellen als Sensoren zum Messen der aktuellen Sonneneinstrahlung dienen. Der von diesen Zellen erfasste Wert kann z. B. zur Darstellung der momentanen Sonneneinstrahlung auf den betreffenden Modul mittels Displayanzeigen verwendet werden.

Aus US-A-4,175,249 ist eine selbststeuernde photovoltaische Solarzellenanordnung bekannt, bei der in einem Array von mehreren identischen stromerzeugenden Solarzellen eine weitere, unabhängige Solarzelle nur als Sensor für den Lichteinfall verwendet wird. Diese Sensor-Solarzelle ist denselben Temperatur- und Lichtbedingungen wie die stromerzeugenden Solarzellen ausgesetzt. Ihre Leerlaufspannung wird als Meßsignal genutzt, verstärkt und mit der momentanen Ausgangsspannung der anderen Zellen verglichen. In Abhängigkeit vom Ergebnis dieses Vergleichs können die Solarzellen der Anordnung selbsttätig über Relais in verschiedene Reihen- und Parallelschaltungszustände geschaltet werden. Damit soll jeweils die maximal erreichbare Ausgangs-Ladespannung bereit gestellt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Solarmoduls in Abhängigkeit vom Lichteinfall zu schaffen und ausgehend von einer Anordnung gemäß dem vorgenannten US-Patent einen hinsichtlich der Auswirkungen partieller Verschattung verbesserten Solarmodul zu schaffen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß hinsichtlich des Verfahrens mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 und hinsichtlich des Solarmoduls mit den Merkmalen des Patentanspruchs 4 gelöst. Die Merkmale der den unabhängigen Ansprüchen jeweils nachgeordneten Unteransprüche geben vorteilhafte Weiterbildungen dieser Gegenstände an.

Anspruch 14 ist auf eine Reihenschaltung mehrerer Solarmodule mit wenigstens einem erfindungsgemäß ausgestatteten Solarmodul gerichtet.

- Ausgehend von der an sich bereits bekannten vom Lichteinfall abhängigen selbsttätigen Steuerung der Leistung eines Solarmoduls schlägt die Erfindung vor, durch Vergleich des
- 5 Lichteinfalls an mindestens zwei unterschiedlichen Stellen eines flächigen Moduls eine partielle Verschattung selbsttätig festzustellen und ggf. einen Bypass einzuschalten, welcher einen Stromfluß an dem betroffenen verschatteten Modul(-teil) vorbei gestattet. Zwar wird letzterer damit praktisch „vom Netz genommen“, jedoch wird der Stromfluß in weiteren, in Reihe geschalteten und nicht verschatteten Solarzellen bzw. Modulen nicht mehr
- 10 behindert. Folglich entfällt zwar die elektrische Leistung des abgeschalteten Moduls für die Dauer der Verschattung bzw. der Einschaltzeit des Bypasses, doch bleibt die momentane Leistung der anderen Solarzellen bzw. Module weiterhin in vollem Maße verfügbar.

- Die besagte partielle Verschattung kann unmittelbar durch Auswertung, z. B. Differenzbildung der Ausgangs-Spannungen oder -Ströme der Sensorzellen erfasst werden. Es ist
- 15 aber auch eine mittelbare Erfassung möglich, indem z. B. verschattungsbedingt unterschiedliche Temperaturen der Sensorzellen erfasst und in der Auswerteschaltung als Differenzsignal ausgewertet werden. Ggf. kann man sogar von einer Abtrennung der Sensorzellen von den übrigen Solarzellen absehen und sie auch zur Stromerzeugung innerhalb der Reihenschaltung nutzen.

- 20 In einer Weiterbildung der Erfindung wird jedenfalls bei Modulen mit besonders großer Flächenausdehnung eine Mehrzahl von Sensor-Solarzellen vorgesehen, welche jeweils paarweise einen bestimmten Flächenbereich des Moduls überwachen und jeweils die gezielte Abschaltung dieses Flächenbereichs steuern können. Das setzt allerdings voraus, dass in dem Modul selbst entsprechende Schaltvorrichtungen vorgesehen sind, oder dass
- 25 die Ausgangsleitungen eines jeden der getrennt schaltbaren Flächenbereichs nach außen geführt sind, um sie dort mittels der Schaltvorrichtung überbrücken zu können.

- Bevorzugt wird zugleich mit dem Überbrücken der Pole des abgeschalteten Moduls oder Modulteils eine der beiden Leitungen vollständig abgetrennt. Damit wird vermieden, dass die von anderen Modulen noch gelieferte Spannung an den abgeschalteten Modul bzw.
- 30 Modulteil anliegt und diesen ggf. überlasten kann. Dieses Abtrennen kann einfach mithilfe eines Wechselschaltkontakts geschehen.

Die Schaltvorrichtung kann elektromechanische oder elektronische Schaltmittel (Relais, steuerbare Halbleiter-Schalter wie Transistoren, Thyristoren) umfassen.

Das Solarmodul wird des weiteren eine vorzugsweise elektronische Auswerteschaltung umfassen, welche den Abschaltvorgang nur innerhalb eines bestimmten Toleranzfeldes bzw. oberhalb eines bestimmten Schwellwertes der Differenz der Sensorsignale einleitet. Letztere können sowohl aus der Leerlaufspannung der als Sensor verwendeten Solarzellen oder (wenn sie nicht in Reihe geschaltet sind) aus deren Strom abgeleitet werden, als auch mittelbar, wie schon erwähnt, aus der momentanen lokalen Temperatur im Bereich der Sensorzellen, wenn diese mit geeigneten Mitteln erfasst werden kann.

Von wesentlichem Vorteil ist bei dieser Gestaltung des Solarmoduls, dass die Sensor-Solarzellen baugleich mit den zur Stromerzeugung verwendeten Solarzellen sein können.

- 10 Folglich können die Solarmodule außer mit der konventionellen Kristallin-Technologie auch großflächig in Dünnschicht-Technik erzeugt werden. Das hat den Vorteil, dass man später durch Strukturieren bzw. Unterteilen der kontinuierlichen Schichten nach dem Stand der Technik die einzelnen Solarzellen voneinander separieren, insbesondere auch die Sensorzellen abtrennen kann. Lediglich bei der Verlegung der elektrischen Anschlüsse müssen die Sensorzellen gesondert behandelt werden. Ihre Außenanschlüsse müssen
- 15 ggf. von denen der anderen (miteinander in Reihe zu schaltenden) Solarzellen getrennt angelegt werden.

In einer anderen Ausführungsform werden die Sensorzellen in der Reihenschaltung belasten und deren Istspannungen mit parallelen Spannungsabgriffen erfasst. Diese Spannungssignale können nach galvanischer Entkopplung, z.B. durch Optokoppler, als Eingangssignal der Auswerteschaltung dienen. Gleichfalls könnte ein zusätzlicher Temperaturgeber vorgesehen werden.

- Es versteht sich, dass die von der Überwachung der partiellen bzw. lokalen, vorübergehenden Verschattung ausgelösten Schaltvorgänge nur zum temporären Abschalten des Solarmoduls vorgesehen sind, dieser also nach dem Wiederherstellen gleichmäßigen Lichteinfalls auf die jeweils betroffenen Sensor-Solarzellen selbsttätig wieder aktiv bzw. ans Netz geschaltet wird. Einsetzende Dunkelheit oder andere gleichmäßige Abschattungen auf der gesamten Fläche des Solarmoduls haben keine Auswirkungen auf die Schaltungsvorrichtung in der hier beschriebenen Form.

- 30 Weitere Einzelheiten und Vorteile des Gegenstands der Erfindung gehen aus der Zeichnung zweier Ausführungsbeispiele und deren sich im folgenden anschließender Beschreibung hervor.

Es zeigen

Fig. 1 ein vereinfachtes Blockschaltbild einer ersten Ausführungsform eines Solarmoduls,

Fig. 2 ein ähnliches Blockschaltbild einer anderen Ausführungsform.

Gemäß **Fig. 1** ist in einem photovoltaischen Solarmodul 1 in an sich bekannter Weise eine Mehrzahl von Solarzellen 2 miteinander in Reihe verschaltet. Der Solarmodul 1 verfügt des weiteren über zwei Außenanschlüsse 3 und 4, an denen im Betrieb die Ausgangsspannung der Solarzellenanordnung anliegt bzw. von denen die elektrische Leistung des Solarmoduls 1 abgenommen wird. Die schon erwähnten Bypass-Dioden, welche einzelnen oder Gruppen von Solarzellen zugeordnet sein können, sind hier zur Vereinfachung nicht dargestellt.

In den meisten Anwendungen werden mehrere derartige Solarmodule 1 miteinander wiederum elektrisch in Reihe geschaltet, um so zu Betriebsspannungen von mehreren 100 Volt zu gelangen. Das bedeutet, dass der gesamte Strom von vorgeschalteten Solarmodulen auch durch den hier dargestellten Modul fließen muss. Wird dieser nun allein auch nur teilweise beschattet bzw. lässt der Lichteinfall nur auf diesen Modul nach, so sinkt seine Ausgangsleistung ab. Sein Widerstand erhöht sich und blockiert damit den Stromfluß auch der anderen Module.

Erfindungsgemäß umfasst der Solarmodul 1 des weiteren eine erste Solarzelle 5 und eine zweite Solarzelle 6, welche unabhängig von den Solarzellen 2 verschaltet und als Sensorzellen für den momentanen Lichteinfall definiert sind. Sie sind in der realen Ausführung mit großem Abstand voneinander z. B. nahe dem Rand des Solarmoduls 1 angeordnet. Ihre Außenanschlüsse, an denen hier stellvertretend jeweils eine Messspannung U_5 bzw. U_6 angedeutet ist, sind zu einer nur symbolisch dargestellten Auswerteschaltung 7 geführt. Letztere ist zum Betätigen einer Schaltvorrichtung 8 vorgesehen, deren Funktion später noch erörtert wird. Es sind auch mit strichpunktierten Pfeilen Messströme I_5 und I_6 angedeutet, welche in der Auswerteschaltung 7 ebenfalls als Maß des momentanen Lichteinfalls auf die Sensorzellen 5 und 6 dienen können.

Der um das Solarmodul 1 gezogene Rahmen symbolisiert, dass dessen sämtliche genannten Bauelemente, abgesehen von den Außenanschlüssen 3 und 4, innerhalb einer Baueinheit untergebracht werden können.

In der Ausführung gemäß **Fig. 2** sind in einem Solarmodul 1' die beiden Sensorzellen 5 und 6 in die Reihenschaltung der Solarzellen 2 bei ansonsten unveränderter Konfiguration einbezogen. Über (zusätzliche) Messleitungen, die wiederum paarweise durch die Messspannungen U_5 und U_6 gekennzeichnet sind, wird die momentane Ausgangsspannung

der beiden Zellen an deren beiden Anschlüssen hochohmig abgegriffen. Natürlich darf das Abgreifen der Messspannungen den Output der Sensorzellen 5 und 6 innerhalb der Reihenschaltung nicht beeinträchtigen. Diese Messspannungen werden entsprechend Fig. 1 der Auswerteschaltung zugeführt. Diese Konfiguration hat im Vergleich zur erstbe-

- 5 beschrieben Ausführungsform den Vorteil, dass die Sensorzellen in die Stromproduktion des Solarmoduls 1' einbezogen bleiben. Allerdings müssen die parallelen Messleitungen zusätzlich eingeführt und die Meßsignale in geeigneter Weise galvanisch entkoppelt werden.

- Die Schaltvorrichtung 8 hat in beiden Ausführungsformen einen Ruhezustand, worin sie eine Verbindung zwischen der Reihenschaltung der Solarzellen 2 und dem Außen-
- 10 schluß 4 des Solarmoduls 1 bzw. 1' schafft. In diesem Zustand besteht ein durchgehender Strompfad vom Außenanschluß 3 über die Reihenschaltung der Solarzellen 2 zum Außenanschluß 4. Im betätigten (gestrichelt angedeuteten) Zustand schaltet die Schalt-
- 15 vorrichtung einen Kurzschluß zwischen den beiden Außenanschlüssen 3 und 4 des Solarmoduls 1 / 1'. Zugleich trennt sie die Reihenschaltung der Solarzellen 2 von dem Ausgangsanschluß 4. Damit wird sicher gestellt, dass keine Spannung von außen an die Reihenschaltung gelegt wird. Zwar ist die Schaltvorrichtung 8 hier der Anschaulichkeit halber als elektromechanischer Schalter (Relais) dargestellt, es versteht sich aber, dass an ihrer Stelle auch geeignete Halbleiterschalter verwendet werden können.

- 20 Die Auswerteschaltung 7 umfasst unter anderem eine Vergleicherschaltung nach dem Stand der Technik, mit der jegliche Abweichung zwischen den ihr zugeführten Ausgangssignalen (z. B. Spannungen $U_5 - U_6$ oder Strömen $I_5 - I_6$) der beiden Sensor-Solarzellen erfasst wird. Sie wird bei Bedarf auch mit Mitteln zur galvanischen Entkopplung der Signale der Sensorzellen 5 und 6 versehen sein. Natürlich könnte in der Anordnung gemäß Fig.
- 25 2 eine Auswertung der Ströme durch die beiden Sensorzellen nicht das gewünschte Ergebnis bringen, weil diese bedingt durch die Reihenschaltung zwangsläufig immer gleich sind.

- Liegt gleichmäßiger Lichteinfall auf der gesamten Fläche des Solarmoduls bzw. zumindest an den beiden Sensor-Solarzellen vor, so unterscheiden sich deren Ausgangsspan-
- 30 nungen oder -ströme nicht oder nur unwesentlich. Fällt hingegen in Folge einer lokalen Verschattung des Solarmoduls auf die eine Sensor-Solarzelle weniger Licht als auf die andere, so tritt eine deutliche Differenz zwischen deren Ausgangsspannungen (sowie in der Anordnung gemäß Fig. 1 zwischen deren Strömen) auf. Diese wird mit einem vorgegebenen (in der Auswerteschaltung ggf. einstellbar abgelegten) Schwellwert verglichen.

- Überschreitet die Differenz den Schwellwert, so aktiviert eine Schaltstufe der Auswerteschaltung 7 die Schaltvorrichtung 8 in den betätigten Zustand. Über die damit hergestellte direkte (Bypass-)Verbindung zwischen den beiden Außenanschlüssen 3 und 4 des Solarmoduls kann Strom aus vor- bzw. nachgeschalteten weiteren Modulen ungehindert fließen. Zugleich wird ein unproduktiver Stromverbrauch des abgeschalteten Solarmoduls sicher verhindert.

- Wird die lokale Verschattung des Solarmoduls aufgehoben (z. B. durch den sich ändernden Sonnenstand), oder treten anderweitig gleiche Lichteinfall-Verhältnisse auf beiden Sensor-Solarzellen ein, so verringert sich die Differenz der Ausgangsspannungen (bzw. Ströme in Fig. 1) der beiden Sensor-Solarzellen wieder gegen Null. Die Auswerteschaltung 7 erfasst dies und führt ggf. mit einer gewissen Schaltverzögerung (Hysterese) die Schaltvorrichtung 8 wieder in ihren Ruhezustand zurück. Der Solarmodul 1 ist wieder zur Leistungsabgabe bereitgeschaltet.

Saint-Gobain Glass
Deutschland GmbH
Aachen

ded
16.02.2001

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Betreiben eines fotovoltaischen Solarmoduls mit einer Anzahl von elektrisch zwischen zwei Außenanschlüssen in Reihe geschalteten Solarzellen in Abhängigkeit vom momentanen Lichteinfall, gekennzeichnet durch
- Erfassen von mindestens zwei abhängig vom Lichteinfall veränderlichen Messsignalen an mindestens zwei innerhalb des Solarmoduls voneinander beab-
 - 10 standet angeordneten und als Sensorzellen definierten Solarzellen,
 - Auswerten dieser Messsignale in einer Auswerteschaltung,
 - Überbrücken der Außenanschlüsse des Solarmoduls bei Vorliegen einer oberhalb eines vorgegebenen Schwellwertes liegenden Abweichung der Messsignale mittels einer von der Auswerteschaltung steuerbaren Schaltvorrichtung
 - 15 und
 - Aufheben der Überbrückung der Außenanschlüsse bei Eintritt einer unterhalb des Schwellwerts liegender Abweichung der Messsignale.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Messsignale direkt von den Sensorzellen erzeugte elektrische Ausgangssignale (Spannung, Strom) ausgewertet werden.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Messsignale an den Sensorzellen erfasste Temperaturen ausgewertet werden.
4. Solarmodul (1) mit einer Anzahl von einzelnen miteinander elektrisch in Reihe geschalteten Solarzellen (2), mit mindestens einer denselben Bedingungen

ausgesetzten Solarzelle (5, 6) als Sensor für den momentanen Lichteinfall auf den Solarmodul und mit einer von dem Sensor wenigstens mittelbar steuerbaren Schaltvorrichtung (8) zum Beeinflussen der elektrischen Ausgangsleistung des Solarmoduls, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens zwei mit großem Abstand voneinander angeordnete Solarzellen (5, 6) des Solarmoduls (1) als Sensoren vorgesehen sind, von denen in Abhängigkeit vom momentanen Lichteinfall erzeugte Messsignale einer Auswerteschaltung (7) zugeführt und von dieser miteinander verglichen werden, und dass die Auswerteschaltung (7) mittels der Schaltvorrichtung (8) bei einer einen Schwellwert übersteigenden Abweichung zwischen den beiden Messsignalen einen die Reihenschaltung wenigstens eines Teils der Solarzellen (2) des Solarmoduls (1) überbrückenden Bypass einschaltet.

5. Solarmodul nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die als Sensoren definierten Solarzellen (5, 6) nicht in die Reihenschaltung der übrigen Solarzellen (2) einbezogen und zur Übertragung der Messsignale nur mit der Auswerteschaltung verbunden sind.

6. Solarmodul nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die als Sensoren definierten Solarzellen (5, 6) in die Reihenschaltung der übrigen Solarzellen (2) einbezogen und zur Übertragung der Messsignale zusätzlich mit der Auswerteschaltung verbunden sind.

7. Solarmodul nach einem der Ansprüche 4 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteschaltung (7) und die Schaltvorrichtung (8) in dem Solarmodul (1) selbst angeordnet sind.

8. Solarmodul nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Mehrzahl von Sensor-Solarzellen vorgesehen ist, welche jeweils paarweise einem bestimmten Flächenbereich des Solarmoduls zugeordnet sind, und dass für jeden dieser Flächenbereiche jeweils eine Schaltvorrichtung vorgesehen ist.

9. Solarmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltvorrichtung (8) ferner zum Trennen der Reihenschaltung der Solarzellen von mindestens einem der Außenanschlüsse (3, 4) bei Aktivierung durch die Auswerteschaltung (7) vorgesehen ist.

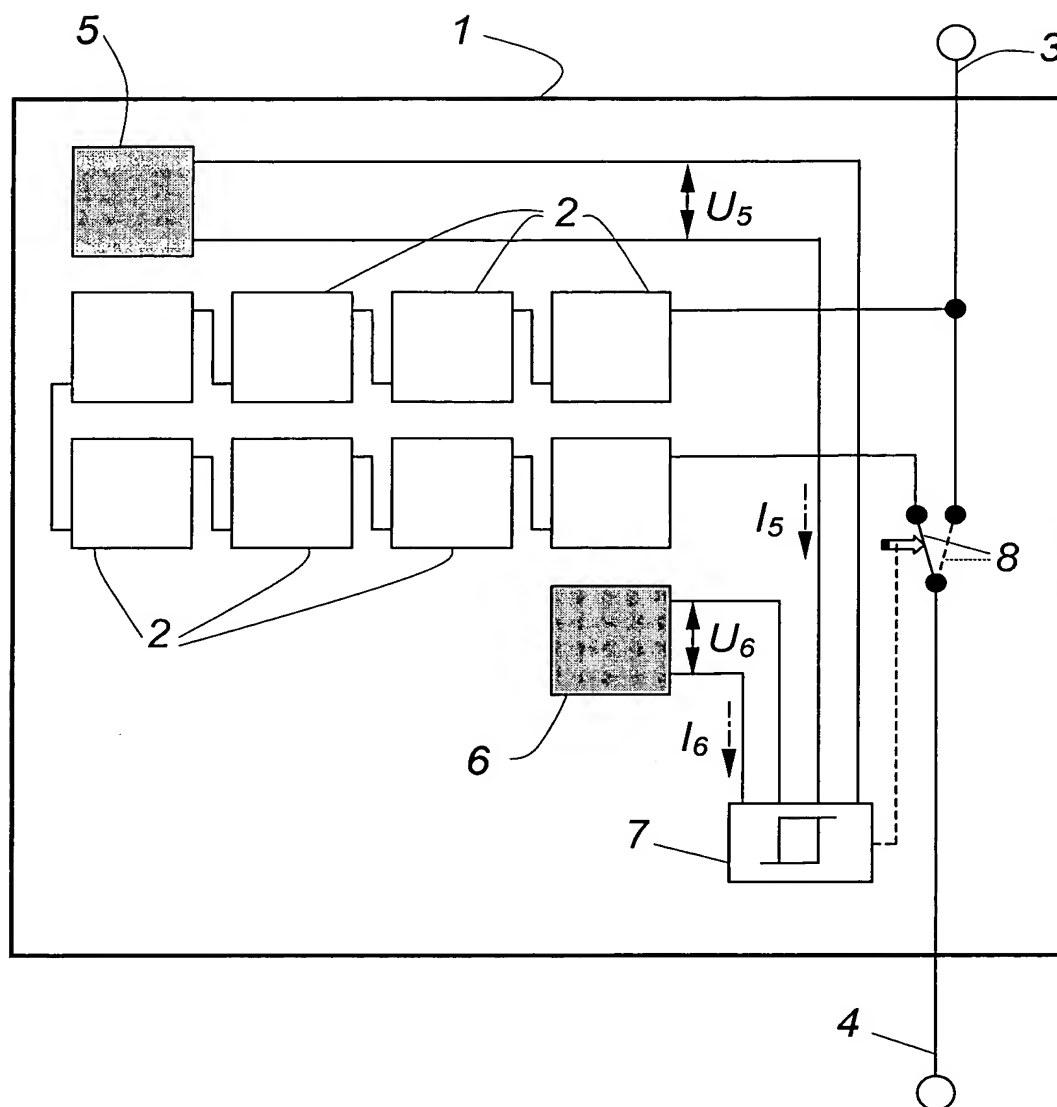
10. Solarmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die als Sensoren verwendeten Solarzellen (5, 6) nahe dem Rand des flächigen Solarmoduls (1) angeordnet sind.

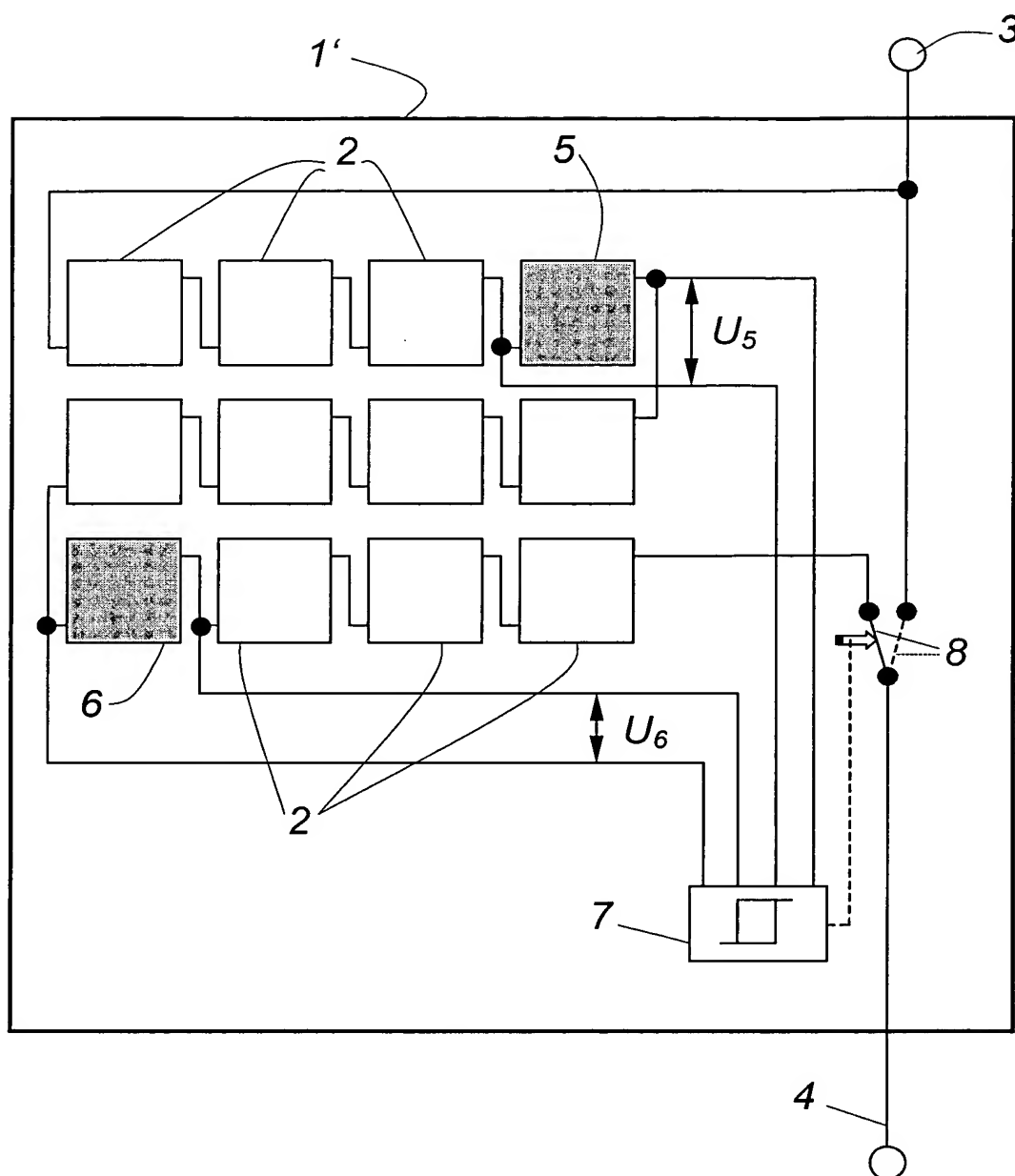
11. Solarmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltvorrichtung (8) ein elektromechanisches Relais umfasst.

12. Solarmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schaltvorrichtung einen steuerbaren Leistungs-Halbleiterschalter umfasst.

13. Solarmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Auswerteschaltung (7) bei Erreichen eines gleichmäßigen Lichteinfalls auf die beiden Sensor-Solarzellen (5, 6) die Schaltvorrichtung (8) wieder in den Ruhezustand umschaltet.

14. Reihenschaltung von mehreren Solarmodulen mit mindestens einem Solarmodul nach einem der vorstehenden Ansprüche 4 bis 13.





Saint-Gobain Glass
Deutschland GmbH
Aachen

ded
16.02.2001

Zusammenfassung

- 5 Bei einem Solarmodul (1) mit einer Anzahl von einzelnen miteinander elektrisch in Reihe geschalteten Solarzellen (2), mit mindestens einer denselben Bedingungen ausgesetzten, nicht mit den übrigen Solarzellen verbundenen Solarzelle (5, 6) als Sensor für den momentanen Lichteinfall auf den Solarmodul und mit einer von dem Sensor wenigstens mittelbar steuerbaren Schaltvorrichtung (8) zum Beeinflussen der elektrischen Ausgangsleistung des Solarmoduls, sind **erfindungsgemäss** mindestens zwei mit großem Abstand voneinander angeordnete Solarzellen (5, 6) als Sensoren vorgesehen, deren Ausgangsspannungen oder -ströme einer Auswerteschaltung (7) zugeführt und von dieser miteinander verglichen werden, und schaltet die Auswerteschaltung (7) mittels der Schaltvorrichtung (8) bei einer einen Schwellwert übersteigenden Differenz zwischen den beiden
- 10
- 15 Sensorausgängen einen die Reihenschaltung der Solarzellen (2) des Solarmoduls (1) überbrückenden Bypass.

[Fig. 1]

